

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Ivan Kopic

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Bilinogojstvo

**Analiza tla i utvrđivanje potrebe kalcizacije**

**na OPG-u Kopic Ivan**

Završni rad

Osijek, 2019.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Ivan Kopic

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Bilinogojstvo

**Analiza tla i utvrđivanje potrebe kalcizacije  
na OPG-u Kopic Ivan**

Završni rad

Osijek, 2019.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Ivan Kopic

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Bilinogojstvo

**Analiza tla i utvrđivanje potrebe kalcizacije  
na OPG-u Kopic Ivan**

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu završnog rada:

1. Prof.dr.sc.Zdenko Lončarić, mentor
2. Izv.prof.dr.sc. Vladimir Ivezić, član
3. Doc.dr.sc. Vladimir Zebec, član

Osijek, 2019.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek  
Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda, smjer Bilinogojstvo

Završni rad

Ivan Kopic

### **Analiza tla i utvrđivanje potrebe kalcizacije na OPG-u Kopic Ivan**

**Sažetak:** Na OPG-u Kopic Ivan analizirano je tlo na kojemu je utvrđena niska pH vrijednost (5,78) te je tlo ocijenjeno srednje kiselim. Kako bi se postigla ciljane pH vrijednosti 7,00 2017. godine izvršena je kalcizacija karbokalkom u količini 8.500 kg/ha te nakon toga dvije osnovne obrade tla (oranje) tokom 2017. i 2018. godine. Ponovna analiza oraničnog sloja tla 2019. godine pokazala je kako je tlo i dalje srednje kiselo i kako nije postignut očekivani učinak. Dodatnom analizom na različitim dubinama tla utvrđeno je kako je najveća pH vrijednost bila na dubini 20-30 cm (7,3) dok je tlo u ostalim slojevima i dalje prekiselo pa je zaključeno kako sredstvo za kalcizaciju nije ravnomjerno rapodijeljeno po cijelom oraničnom sloju. Analiziran je kemijski sastav karbokalka i utvrđena neutralizacijska vrijednost (43,46 %). Utvrđena je koncentracija Ca u karbokalku 332,48 g/kg, a Mg 11,85 g/kg. Na temelju neutralizacijske vrijednosti karbokalka utvrđeno je kako je bilo potrebno primijeniti 10,96 t/ha za postizanje ciljane pH vrijednosti 7,00 po cijelom profilu oraničnog sloja tla. Raspodjelu sredstva za kalcizaciju trebalo je provesti u dva prohoda kako bi se sredstvo ravnomjernije izmiješalo s tlom uzveću učinkovitost.

**Ključne riječi:** pH vrijednost, kiselost tla, kalcizacija, karbokalk

26 stranice, 8 tablica, 2 grafikona, 14 slika, 16 literaturnih navoda

Završni rad je pohranjen u Knjižnici Fakulteta agrobiotehničkih Osijek i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek  
Faculty of agrobiotechnical science Osijek  
Undergraduate university study Agriculture, course Plant production

BSc Thesis

### **Soil analyses and liming recommendation at family farm Kopic Ivan**

**Summary:** At family farm Ivan Kopic, soil was analyzed and a low pH value (5.78) was determined and the soil was evaluated as acidic. In order to reach the target pH value 7.00 in 2017, liming with 8500 kg/ha of carbocalk was performed followed afterwards by two basic tillage operations in 2017 and 2018. A re-analysis of the soil (0-30cm) in 2019 showed that the soil was still medium acidic and that the expected effect had not been achieved. Additional analysis at different soil depths revealed that the highest pH value was at a depth of 20-30 cm (7.3), while the soil in the other layers was still slightly acidic, and it was concluded that the liming medium did not mix well enough throughout the plow. The composition of carbocalk and its neutralization value (43.46%) were analyzed. The Ca concentration in the carbocalk was 332.48 g/kg, while the Mg was 11.85 g/kg. Based on the neutralization value of the carbocalk, it was determined that at first 10.96 t/ha should be applied to reach the target pH 7.00. It was recommended to distribute liming medium in two applications in order to better mix the medium with the soil and to achieve better efficiency of neutralization.

**Keywords:** pH value, soil acidity, liming, carbocalk

26 pages, 8 tables, 2 chart, 14 figures, 16 references

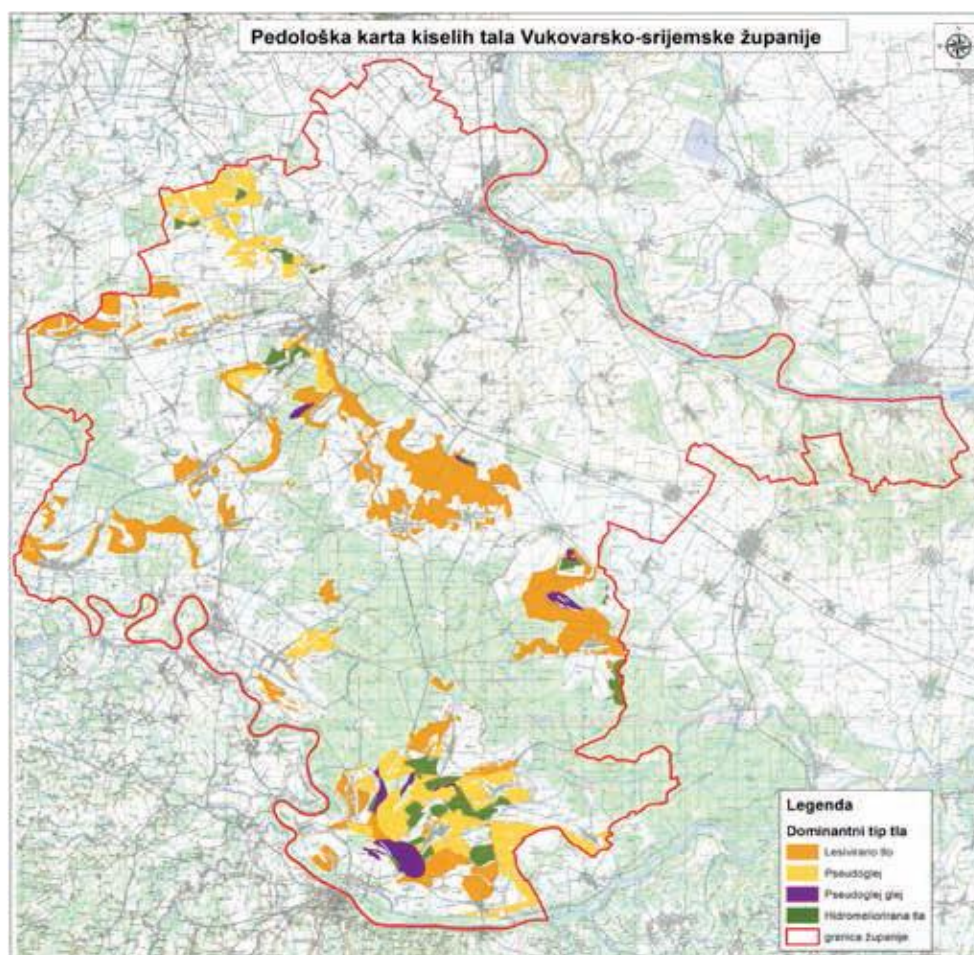
BSc Thesis is archived in Library of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek and in digital repository of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

## Sadržaj

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIJAL I METODE .....</b>	<b>5</b>
2.1. POSTUPAK UZORKOVANJA I PRIPREMA TLA ZA ANALIZE .....	5
2.1.1. Uzorkovanje tla .....	5
2.1.2. Alati, vrijeme i način uzorkovanja tla .....	5
2.1.3. Plan uzorkovanja .....	7
2.1.4. Priprema uzoraka za kemijske analize .....	9
2.2. ANALIZE KEMIJSKIH SVOJSTAVA TLA.....	10
2.2.1. Ph vrijednost (reakcija tla).....	10
2.2.2. Sadržaj organske tvari (humusa) u tlu .....	11
2.2.3. AL-metoda ekstrakcije biljkama pristupačnih frakcija fosfora i kalija.....	12
2.2.4. Hidrolitička kiselost tla (Hy) .....	13
2.3. RASPODJELA I APLIKACIJA KARBOKALKA .....	14
2.4. OBRADA TLA ZA SJETVU KUKURUZA NAKON PROVEDENE KALCIZACIJE .....	15
2.5. OBRADA TLA ZA SJETVU PŠENICE NAKON PROVEDENE KALCIZACIJE .....	18
<b>3. REZULTATI I RASPRAVA .....</b>	<b>19</b>
<b>4. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>24</b>
<b>5. POPIS LITERATURE.....</b>	<b>25</b>

## 1.UVOD

Kiselost tla predstavlja značajno ograničenje za postizanje većih i stabilnih prinosa, a samim time i manju učinkovitost gnojidbe uz povećane troškove. Učinak gnojidbe kod tala preniske pH vrijednosti smanjen je zbog kemijske fiksacije fosfora, nedostatka Ca i Mg i potencijalne toksičnosti zbog suviška Al, Fe i Mn, što je dodatni razlog neophodnosti analize tla. Kiselim tlima smatramo sva tla čija je pH vrijednost manja od 6,5, a u tom rangju razlikujemo kategorije ekstremno kisela, vrlo kisela, te umjereno i slabo kisela tla. Kisela tla na području Republike Hrvatske zauzimaju 32 % ukupne površine poljoprivrednog zemljišta, a čak 79,5 % se nalazi u Panonskoj regiji (Lončarić i sur., 2015.). Pedološka karta kiselih tala na području Vukovarsko-srijemske županije prikazuje prostorni raspored kiselih tala prema tipovima tala (Slika 1.).



Slika 1. Pedološka karta kiselih tala u Vukovarsko-srijemskoj županiji

(Lončarić i sur., 2015.)

Zakiseljavanje ili acidifikacija tla je spor i dugotrajan proces uz raspadanje primarnih minerala i oslobađanje kiselih kationa, a ubrzan je utjecajem različitih klimatskih činitelja i antropogenim učinkom. Najznačajniji klimatski činitelj koji značajno ubrzava acidifikaciju tala je povećana količina oborina jer precipitacija i infiltracija vode, a posebno kiselih kiša, ispire lužnate katione Ca i Mg s adsorpcijskog kompleksa tla u dublje slojeve. Acidifikacija tala dijelom je posljedica gnojidbe mineralnim gnojivima, posebice dušičnim amonijskim gnojivima. Amonijski oblik dušičnih gnojiva u tlu prelaze u nitratni oblik uz produkciju protona koji snažno zakiseljavaju tlo. Da bi se reakcija tla zadržala na razini prije gnojidbe, potrebno je primijeniti odgovarajuće količine vapnenih materijala kako ne bi došlo do povećanja kiselosti, a samim time i do smanjenja plodnosti, prinosa i kakvoće uroda. U suvremenoj poljoprivredi za postizanje visokih prinosa neophodna je primjena mineralnih gnojiva i razumljivo je da visoki prinosi rezultiraju značajnim iznošenjem hraniva iz tla i potencijalnoj acidifikaciji. Intenzivna nitrifikacija može značajno utjecati na snižavanje pH za jednu jedinicu i može značajno pospješiti ispiranje lužina s kationskog izmjenjivačkog kompleksa tla.

Utjecajem padalina, tj. klimatskih prilika također dolazi do zamjene alkalnih kationa na adsorpcijskom kompleksu tla s vodikovim ionima i na takav način dolazi do porasta kiselosti tla, tj. smanjivanja pH vrijednosti. Značajnu ulogu ima utjecaj mineralne i organske gnojidbe kao oblik antropogenog utjecaja na acidifikaciju tala u intenzivnoj poljoprivrednoj proizvodnji, jer značajno pridonosi zakiseljavanju tla. Danas je mineralna gnojidba gotovo neizostavna agrotehnička mjera u Hrvatskoj, jer je došlo do značajnog pada stočarske proizvodnje, a time i proizvodnje stajskog gnojiva koji pozitivno utječe na fizikalno-kemijska svojstva tla i u značajnoj mjeri neutralizira štetan učinak prekomjerne kiselosti tla. Kisele kiše također su jedan od razloga zakiseljavanja tala gdje  $\text{SO}_2$  koji sa kišom dopijeva u tlo i zakiseljava ga (Šimek, 2009.). Sličan je i učinak nitroznih plinova (na primjer  $\text{NO}_2$ ). Značajan antropogeni utjecaj je i intenziviranje ciklusa dušika mineralnom gnojidbom i pri tome mogu biti unešene značajne količine rezidualno kiselih mineralnih gnojiva. Posljedica je zaostajanje kiselosti u tlu za čiju neutralizaciju su potrebne količine kondicionera u rasponu 80-128 kg vapnenca za svakih 100 kg mineralnih gnojiva. Ovakav način zakiseljavanja je vrlo značajan i koristan na karbonatnim tlima zato što povećava raspoloživost fosfora i mikroelemenata u tlu, a istovremeno predstavlja nepoželjan i nepotreban proces na kiselim tlima. Na kiselim je tlima zato potrebno koristiti KAN, norvešku salitru ili čilsku salitru kao izvore mineralnog dušika koji će sa svojim

alkalnim djelovanjem (salitre) ili dolomitnim punilom (KAN) neutralizirati dio kiselosti u tlu. Kiselost koja je stvorena ciklusom organske tvari nema direktan toksičan učinak na korijen biljke, ali zato usmjerava procese acidifikaciji rizosfere i ubrzava procese debazifikacije i acidifikacije (Lončarić i sur., 2015.).

Raspoloživost hraniva je znatno različita u tlima različite pH reakcije iako ukupna količina hraniva može biti približno ili potpuno ista. U kiselijim tlima manja je raspoloživost Ca i Mg gdje je manja zastupljenost izmjenjivih zemno-alkalnih kationa na koloidima tla, veća opasnost od gubitaka N denitrifikacijom i opasnost gubitka B ispiranjem, manja je raspoloživost Mo, izražena opasnost od kemijske fiksacije P slobodnim kationima Al, Fe i Mn koji imaju izravno toksično djelovanje na korijenske dlačice reducirajući njihov rast i aktivnost. Nepovoljna je i povećana raspoloživost (topivost) štetnih elemenata (Cd, Cr, Pb). U karbonatnim ili alkalnim tlima, povećano je antagonističko djelovanje Ca i Mg prema K, a značajno je smanjena raspoloživost mikroelemenata (Fe, Mn, Zn, Cu, B), a također je i izražena opasnost od kemijske fiksacije fosfora slobodnim kationima Ca (Lončarić i Karalić, 2015.).

Kalcizacija bitno utječe na promjenu bioloških svojstava tla, s tim da se povećava intenzitet mikrobioloških procesa što dovodi do intenzivnije razgradnje organske tvari tla i smanjenja sadržaja humusa u tlu. Pri tome je moguće da se rata ukupne potencijalne mineralizacije organske tvari tla pod utjecajem kalcizacije poveća za 1,5 do čak 2 puta. Primjer, kalcizacija koja je dvije godine nakon primjene uzrokovala pad sadržaja humusa u tlu prosječno od 0,01 % humusa za svaku t/ha  $\text{CaCO}_3$  (Karalić, 2009.). Kalcizacija bez primjene organske gnojide rezultira negativnim efektom smanjenja sadržaja humusa u tlu. Tako je utvrđen prosječan 8 %-tni pad sadržaja humusa u tlu dvije godine nakon kalcizacije s 9 t/ha  $\text{CaCO}_3$ , a nakon kalcizacije sa 17 t/ha  $\text{CaCO}_3$  12 %-tni pad sadržaja humusa u tlu. Organska gnojida povećava sadržaj organske tvari u tlu i takvim djelovanjem smanjuje negativan učinak kalcizacije (Lončarić i sur., 2015.).

Kalcizacija je agrotehnička mjera kojom se u tlo apliciraju sredstva koje u sebi sadrži Ca i/ili Mg, što dovodi do neutralizacije i postizanja ciljane pH vrijednosti (Lončarić i sur., 2001.). Potreba za kalcizacijom predstavlja određenu količinu vapnenca ili nekog drugog alkalnog materijala za neutralizaciju kiselosti tla od trenutne kiselosti do određene ciljane pH vrijednosti. Sredstva koja se koriste za kalcizaciju sadrže Ca i/ili Mg koji mogu neutralizirati suvišnu kiselost. Kalcizacijski materijali su kalcijevi i/ili magnezijevi



karbonati, oksidi, hidroksidi i silikati. Najčešća sredstva za kalcizaciju širom svijeta su različiti vapneni materijali, a u pojedinim regijama se koriste i industrijski nusproizvodi i otpadne tvari koje moraju ispunjavati zakonom propisane kriterije. Neutralizacijska vrijednost (NV) kalcizacijskog materijala je postotni udio određenog oblika Ca. Pri tome je u Europi NV postotni udio ekvivalenta kalcijevog oksida ( $\text{CaO}$ ), dok se u Sjevernoj Americi NV odnosi na ekvivalentan udio kalcijevog karbonata ( $\text{CaCO}_3$ ). Kemijska čistoća materijala preračunata na ekvivalent, bilo  $\text{CaO}$  ili  $\text{CaCO}_3$ , nije dovoljan pokazatelj stvarne neutralizacijske učinkovitosti pa se pripisuju i određuju finoće i efektivne neutralizacijske vrijednosti kalcizacijskih materijala (Sjeverna Amerika) ili finoće i reaktivnosti (Europa) (Lončarić i sur., 2015.). Ciljne vrijednosti koje bi trebali očekivati nakon primjene kalcizacije su: bolja raspoloživost hraniva, smanjenje pH vrijednosti, povećana raspoloživost Ca i Mg, smanjeni gubici N denitrifikacijom i opasnost gubitka B ispiranjem i smanjena opasnost od kemijske fiksacije P. Potreba kalcizacije se određuje na temelju različitih kemijskih svojstava tla, jer sama pH vrijednost nije dovoljna za utvrđivanje stvarno suvišne kiselosti tla. Svojstva koja se koriste za određivanje suvišne kiselosti tla i potrebne kalcizacije su: hidrolitička kiselost, adsorpcijski kompleks i kationski izmjenjivački kapacitet tla, humoznost, mehanički sastav tla, volumna gustoća tla i pH vrijednost ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ,  $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ ,  $\text{pH}_{\text{KCl}}$ ).

Aplikacija sredstva za kalcizaciju treba težiti tome da se sredstvo ravnomjerno raspodijeli po površini tla, za što se najviše koriste različiti rasipači. Prilikom aplikacije sredstvo je potrebno u potpunosti izmiješati u obradivom sloju tla, tj. do dubine za koju je analizom utvrđena kiselost tla. Aplikaciju je potrebno obaviti u više navrata kako bi se sredstvo što bolje izmiješalo s tlom. Najbolji način primjene sredstva je zaoravanje jednog dijela u osnovnoj obradi tla (25-30 cm), a drugi dio unijeti pliće prije pripreme tla za sjetvu na dubinu oko 10-ak cm. Postoje i određeni uređaji s ulagačima koji kalcizacijsko sredstvo unose na određenu dubinu u tlo.

## 2. MATERIJAL I METODE

### 2.1. Postupak uzorkovanja i priprema tla za analize

#### 2.1.1. Uzorkovanje tla

Svrha uzorkovanja tla se provodi kako bi se kemijskom analizom prvenstveno utvrdilo stanje hraniva (mikroelemenata i makroelemenata) i nekih drugih svojstava (tekstura, pH vrijednost, humus itd.). Znajući koliko nam je tlo bogato ili siromašno hranivima možemo odrediti s kakvom ćemo gnojdbom ići u prihranu tla i time možemo dodatno financijski uštediti i dati tlu onu količinu hraniva koja je potrebna, te time dolazi do minimalnih gubitaka hraniva (ispiranjem u dublje slojeve tla, isparavanjem itd.).

#### 2.1.2. Alati, vrijeme i način uzorkovanja tla

Alat za uzimanje uzoraka treba biti od nehrđajućeg čelika ili kromiran kako bi se spriječila kontaminacija uzoraka. Za alat je potrebno da lako prodire u tlo i kod svakog uzimanja uzorka da bude jednaka količina tla (Grubeša, 2014.).

Za uzimanje uzoraka tla na lokalitetu Babina Greda korištena je cilindrična sonda 0-30 cm (Slika 2.).

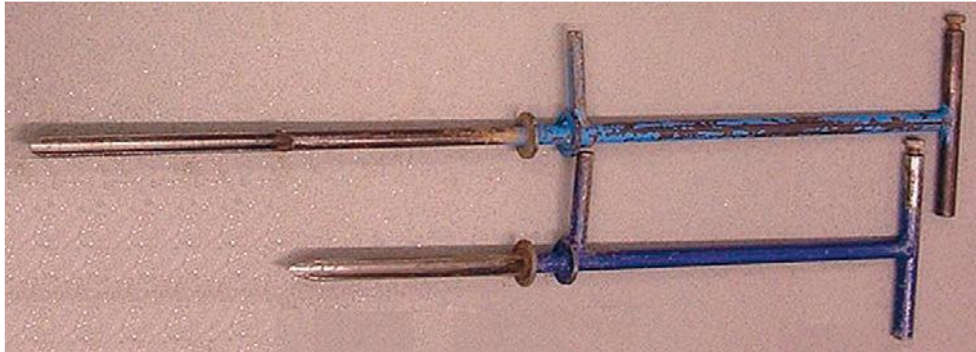


Slika 2. Uzimanje uzoraka cilindričnom sondom 0-30 cm

(Izvor: [www.petrokemija.hr](http://www.petrokemija.hr))

Sonde koje se najčešće koriste su (Grubeša, 2014.) :

- cilindrična sonda (Slika 3.) - sonda za srednje teksturna tla
- otvorena sonda- za uzimanje teksturno lakših tala
- edelmanovo svrdlo (Slika 4.) - najčešće se koristi za uzimanje uzoraka tla za analizu plodnosti (nije pogodno za pjeskovita tla jer dolazi do miješanja slojeva tla)
- štihača (Slika 5.) ili neki drugi alat koji prodire do željene dubine



Slika 3. Cilindrična sonda

(Lončarić i sur., 2014.)



Slika 4. Edelmanovo svrdlo

(Izvor: [www.bali.ff.um.si](http://www.bali.ff.um.si))



Slika 5. Štihača

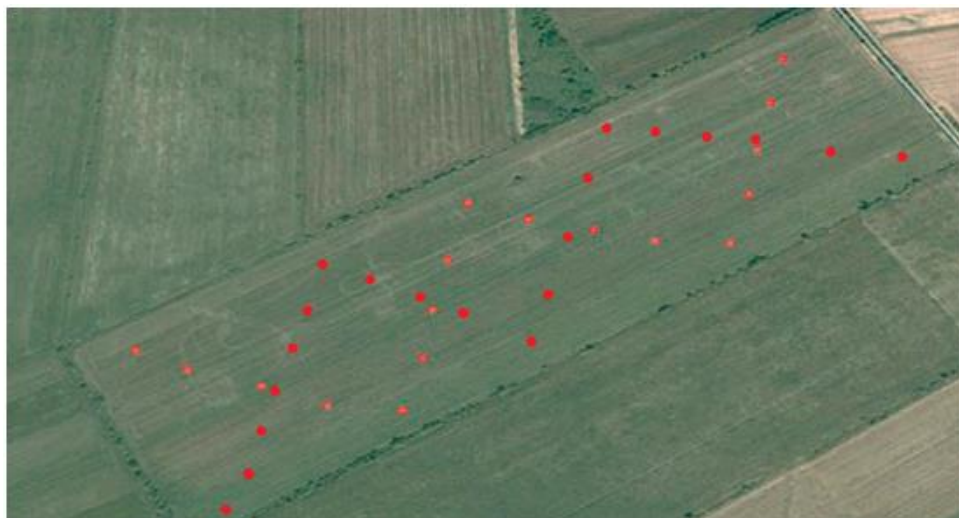
(Izvor: [www.savjetodavna.hr](http://www.savjetodavna.hr))

Dubine uzorkovanja tla za određene biljne vrste i nasade:

- |                           |                 |
|---------------------------|-----------------|
| 1) za ratarske usjeve:    | 0-30 cm         |
| 2) za povrće              | 0-20 (30) cm    |
| 3) za cvijeće             | 0-20 cm         |
| 4) za livade i travnjake  | 0-10 (15) cm    |
| 5) za višegodišnje nasade | 0-30 i 30-60 cm |

### 2.1.3. Plan uzorkovanja

Na OPG-u Kopic Ivan provedeno je nesustavno statističko uzimanje uzoraka u obliku slova W (Slika 6.), koje je pogodno za homogene oranice, livade, rasadnike i višegodišnje nasade. Radi se o djelomičnom uzorkovanju u obliku određenih slova (W, X, Z, N, S.), po shemi šahovskih polja ili cik-cak liniji zbog uzimanja prosječnog uzorka. Ovakvi načini uzorkovanja koriste poljoprivredni proizvođači na manjim obiteljskim poljoprivrednim gospodarstvima (Lončarić i sur., 2014.).



Slika 6. Plan uzorkovanja tla u obliku slova W

(Izvor: Lončarić i sur., 2014.)

Kod plana uzorkovanja potrebno je odlučiti o planu prostornog rasporeda uzimanja uzoraka i broju uzoraka po parceli što ovisi i o nizu drugih činitelja:

- cilj uzorkovanja i analiza (kontrola plodnosti tla, trajno praćenje stanja poljoprivrednoga zemljišta, plan i preporuka za gnojidbu u jednoj ili više vegetacija, preporuka prihrane usjeva, plan pripreme tla za podizanje višegodišnjega nasada, prelazak u sustav ekološke poljoprivredne proizvodnje i drugo)
- veličina čestice
- heterogenost čestice (različiti tipovi tala)
- gospodarenje tlom (gnojidba, različiti usjevi)
- mikoreljef (nagibi, depresije, uzvišenja, kanali)
- teksturna neujednačenost (različita zbijenost, mjestimično stvaranje pokorice)
- vodopropusnost (zadržavanje vode na pojedinim dijelovima površine)
- različita boja (svjetlije ili tamnije površine – različita vlažnost, udio organske tvari tekstura izoljavanja)

Na temelju uočene heterogenosti površine, potrebno je podijeliti polje na područja uzorkovanja te da svako područje ima što veću homogenost. Podijeljenu površinu sa koje ćemo vršiti uzimanje uzoraka potrebno je evidentirati ucrtavanjem u kartu i/ili geopozicioniranjem tu istu podjelu koristiti za buduće praćenje i kontrolu stanja plodnosti



tla. Prosječni uzorak tla se sastoji od 20 do 25 pojedinačnih uzoraka (Lončarić i sur., 2014).

#### 2.1.4. Priprema uzoraka za kemijske analize

Oba uzorka su donešena u laboratorij u količini od 0,5-1,0 kg, kojih su činili 20-25 pojedinačnih uzoraka koji su ravnomjerno uzeti sa poljoprivredne površine. Uzorci su prikupljeni sa pravilnim razmacima do dubine oraničnog sloja (30 cm). Prikupljeni uzorci (Slika 7.) su označeni (Slika 8.) i nakon dopremanja u laboratorij su očišćeni od primjesa, osušeni, usitnjeni mlinom za tlo i prosijani kroz sito promjera 2 mm (Vukadinović i Bertić, 1989.).



Slika 7. Prijem uzoraka

(Foto: Kopic,I.)



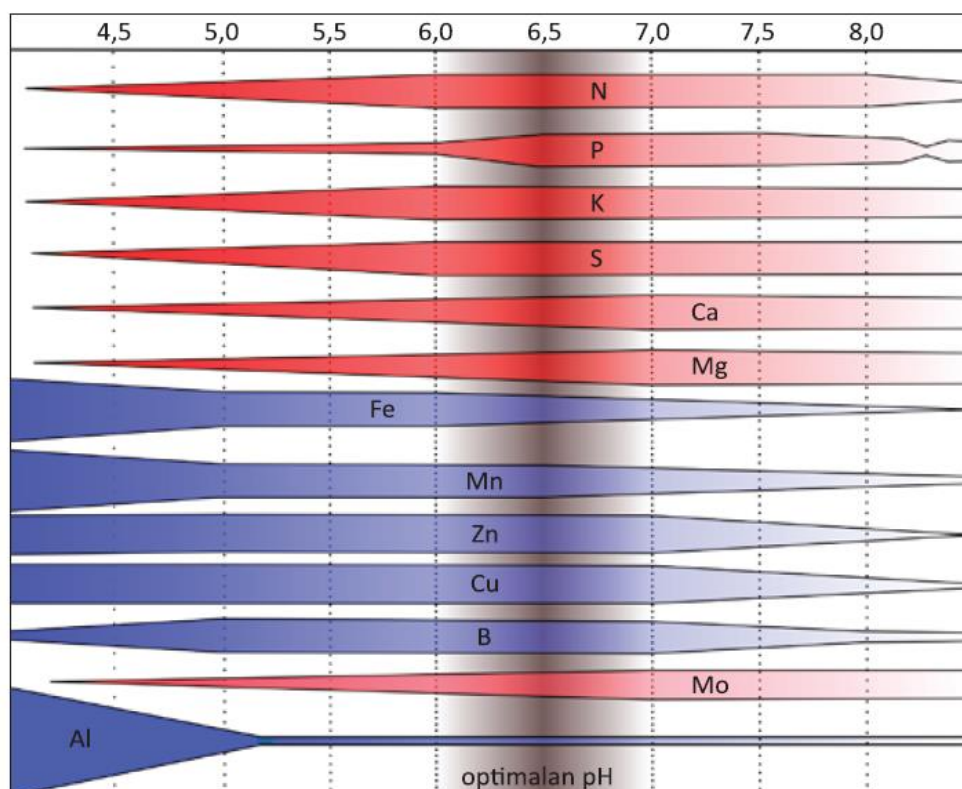
Slika 8. Obilježavanje i upis u knjigu uzoraka

(Foto: Kopic, I.)

## 2.2. ANALIZE KEMIJSKIH SVOJSTAVA TLA

### 2.2.1. pH vrijednost (reakcija tla)

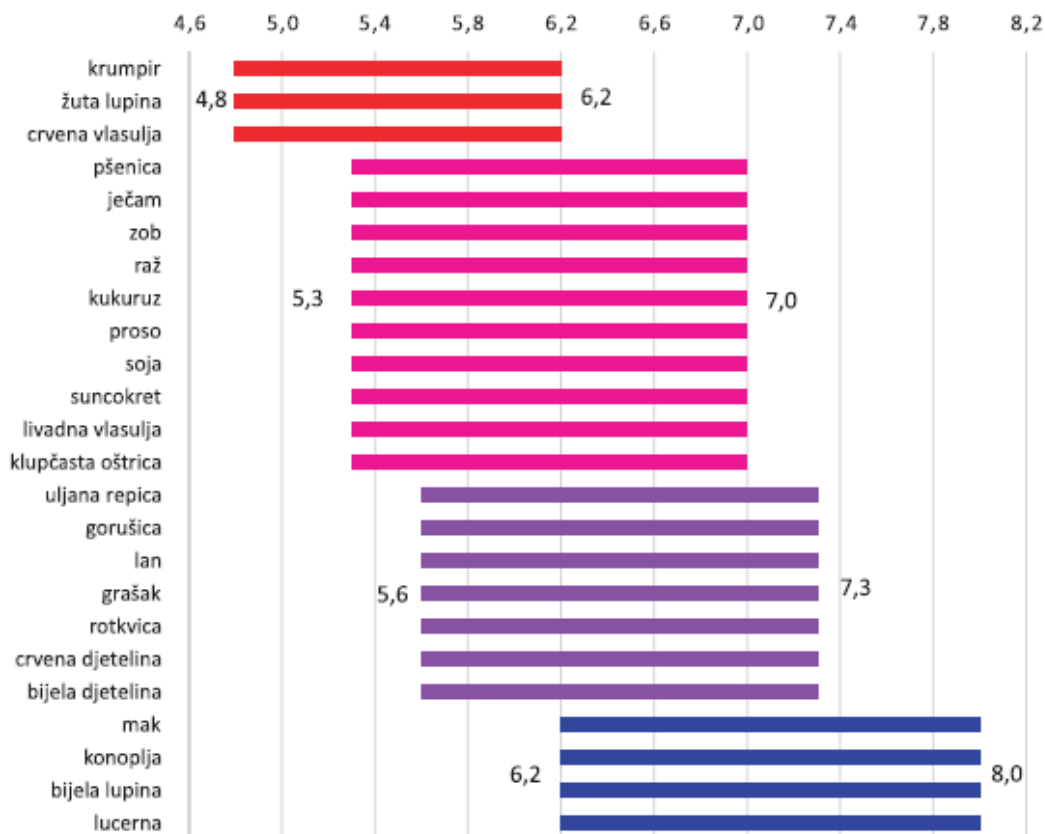
Na moguću potrebu neutralizacije suviše kiselosti ukazuje nam preniska pH reakcija tla, te prema nekim autorima kalcizaciju treba provoditi kada se pH spusti za 0,2-0,3 pH jedinice ispod optimalne vrijednosti za uzgajane biljne vrste (Vitosh i sur., 1995.). pH predstavlja negativan logaritam  $H^+$  iona, pa se kod iskazivanja pH vrijednosti koristi logaritamska skala. Niža pH vrijednost označava veću kiselost, tj. veću koncentraciju  $H^+$  iona i tako vrijednosti od 4,0, 5,0 i 6,0 nam govore da je tlo sa pH 5 čak do 10 puta kiselije od tla čiji pH iznosi 6, a tlo sa pH 4 kiselije je čak 100 puta ( $10^{-4}$  u odnosu na  $10^{-6}$ ). Mjerenje pH vrijednosti odvija se u suspenzijama tla u deioniziranoj vodi ( $pH_{H_2O}$ ), otopini 0,01 M  $CaCl_2$  ( $pH_{CaCl_2}$ ) ili otopini 1 M  $KCl$  ( $pH_{KCl}$ ). Vrijednosti koje se koriste u Hrvatskoj za pH vrijednosti su  $pH_{H_2O}$  i  $pH_{KCl}$ , gdje pH u  $H_2O$  predstavlja trenutnu kiselost tla jer se mjeri pH vrijednost vodene faze tla, a pH u  $KCl$ -u je izmjenjiva ili supstitucijska kiselost jer mjeri pH vrijednost nakon zamjene kationa s adsorpcijskog kompleksa tla kojeg predstavljaju koloidi sekundarnih minerala gline i humusnih tvari (Lončarić i sur., 2015.).



Grafikon 1. Utjecaj pH na raspoloživost hraniva u tlu

(Izvor: Lončarić i sur., 2015.)

U svijetu se najčešće kao pokazatelj raspoloživosti hraniva u tlu (Grafikon 1.), optimalnih pH vrijednosti za poljoprivredne kulture i ciljnih pH vrijednosti koristi  $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$  jer to upravo predstavlja najbližu kiselost kojoj će biti izložen korijen biljke. Svaka kultura zahtjeva različitu pH vrijednost pogodnu za rast i razvoj i vrijednosti kod nekih usjeva su pomaknute prema kiselijoj ili alkalnijom (Grafikon 2.) reakciji (Lončarić i sur., 2015.).



Grafikon 2. Raspon optimalnih  $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$  reakcija po usjevima

(izvor: Baumgarten, 2006.)

### 2.2.2. Sadržaj organske tvari (humusa) u tlu

Sadržaj humusa u tlu čine razloženi biljni i životinjski ostaci koji iznova grade organske spojeve, ali su različite od početne organske tvari koje čine humus. Humus je osnovni izvor energije za životnu aktivnost mikroorganizama tla i vrlo značajno utječe na kemijska i fizikalna svojstva tla kao što je struktura tla, sorpcija iona, sadržaj neophodnih elemenata i kapaciteta za vodu. Količina humusa koja je izmjerena u početnoj analizi tla iznosila je 1,17 %.



Sadržaj humusa u tlu određen je bikromatnom metodom (ISO 14235, 1998.) kojom je provedeno mokro spaljivanje organske tvari tla kalijevim bikromatom.

### 2.2.3. AL-metoda ekstrakcije biljkama pristupačnih frakcija fosfora i kalija

Ovakvom metodom ekstrakcije tla sa amonij laktatom određuju se lako pristupačni fosfor i kalij u tlu (Egner et al., 1960.). Rezultati dobiveni ovom metodom izražavaju se u oksidima, odnosno  $P_2O_5$  i  $K_2O$  na 100 grama suhog tla ili kao AL-  $P_2O_5$  i AL-  $K_2O$ . Analizom dobivenih vrijednosti fosfora i kalija ukazuju na to da tlo u tom trenutku raspolaže sa određenim zalihama lakotopivih biljci pristupačnih hraniva.

Količina lakopristupačnog fosfora i kalija u tlu prije kalcizacije je iznosila 10,26 mg/100g tla (AL- $K_2O$ ) i <5 mg/100g tla (AL- $P_2O_5$ ). Granične vrijednosti fosfora su izražene u tablici 1. a granične vrijednosti kalija u tablici 2.

Tablica 1. Klase opskrbljenosti tla fosforom na temelju rezultata AL-metode (Vukadinović i Lončarić, 1998.)

	pH <sub>KCl</sub> < 6,0	pH <sub>KCl</sub> > 6,0
Klasa opskrbljenosti tla	mg/100g $P_2O_5$	mg/100g $P_2O_5$
(A) Jako siromašno tlo	<5	<8
(B) Siromašno tlo	5-12	8-16
(C) Dobro opskrbljeno tlo	13-20	17-25
(D) Visoka opskrbljenost	21-30	26-45
(E) Jako visoka opskrbljenost	>30	>45

Tablica 2. Klase opskrbljenosti tla kalijem na temelju rezultata AL-metode (Vukadinović i Lončarić, 1998.)

	lako tlo	srednje teško	teško tlo
Klasa opskrbljenosti tla	mg/100g K <sub>2</sub> O	mg/100g K <sub>2</sub> O	mg/100g K <sub>2</sub> O
(A) Jako siromašno tlo	<8	<12	<15
(B) Siromašno tlo	9-15	13-19	16-24
(C) Dobro opskrbljeno tlo	16-25	20-30	25-35
(D) Visoka opskrbljenost	26-35	30-45	36-60
(E) Jako visoka opskrbljenost	>35	>45	>60

#### 2.2.4. Hidrolitička kiselost tla (Hy)

Hidrolitička kiselost ili potencijalna kiselost predstavlja dio ukupne potencijalne kiselosti tla i ona je prije kalcizacije iznosila 4,55 cmol(+)kg<sup>-1</sup>. S promjenom pH vrijednosti pod utjecajem kalcizacije odvija se i promjena u vrijednosti hidrolitičke kiselosti. Djelovanje i otapanje kalcizacijskog materijala u tlu rezultira sa snižavanjem hidrolitičke kiselosti tla, a pri tome je moguće utvrditi pravilnost snižavanja vrijednosti hidrolitičke kiselosti tla s povećanjem doze kalcizacijskog materijala. Hidrolitička kiselost je pokazatelj za proračun potrebne kalcizacije ali pH vrijednost je ta koja je pokazatelj posljedica kalcizacije, posebice kod nepotpune neutralizacije kiselosti tla. Učinak djelovanja kalcizacije ovisi o početnoj hidrolitičkoj kiselosti, količini kalcizacijskog sredstva i volumnoj gustoći tla (Lončarić i sur., 2015.).

Ukupna potencijalna kiselost aktivira se sa natrijevim acetatom gdje dolazi do zamjene kiselih H<sup>+</sup> i Al<sup>3+</sup> iona sa adsorpcijskog kompleksa tla alkalnim ionom Na<sup>+</sup> iz acetata (ISO 10693, 1995.). Kod ovakve reakcije dolazi do nastanka octene kiseline, pri čemu je količina kiseline ekvivalentna količini vodikovih iona na adsorpcijskom kompleksu tla gdje se dalje utvrđuje titracijom tj. neutralizacijom kiseline koja je nastala sa 0.1 mol dm<sup>-3</sup> natrijevim hidroksidom. Hidrolitička kiselost se izražava u cmol kg<sup>-1</sup> nezasićenosti adsorpcijskog kompleksa tla alkalnim ionima.

### 2.3. Raspodjela i aplikacija karbokalka

Povoljno vrijeme za kalcizaciju je nakon žetve kada je tlo relativno suho i u pravilu se može provoditi u svako doba godine kada nam vlažnost tla dozvoljava obradu tla. Kalcizacija se nikako ne bi trebala provoditi zajedno s gnojidbom gnojivima koja sadrže  $\text{NH}_4^+$  jer će se dušik transformirati u  $\text{NH}_3$  i izgubiti volatilizacijom. Raspodjela kalcizacijskog sredstva ne mora se nužno unijeti u jednom proходу, štoviše pogodno ju je obaviti u više navrata kako bi bila bolja raspodjela po površini i dubini profila tla. Zbog tih se razloga predlaže da se jedan dio zaorava tijekom osnovne obrade tla, a drugi dio preporučuje se unijeti pliće u tlo prije pripreme tla za sjetvu. Prilikom aplikacije sredstvo je potrebno dobro izmiješati u obradivom sloju tla do dubine za koju je provedena analiza tla (Lončarić i sur., 2015.).

Kalcizacija se provodi posebnim raspodjeljivačem namjenjenim isključivo za tu potrebu ili se može obaviti manje precizno s rotacijskim raspodjeljivačem ili s razbacivačem za stajski gnoj. Preporučena količina karbokalka za raspodjelu nakon prve analize tla iznosila je 8.112 kg/ha (tj. 2.535 kg Ca). Kod raspodjele po površini tla s karbokalkom primjenjena je neznatno veća količina (8.500 kg/ha) i obavljena je sa samoistovarnom prikolicom za stajski gnoj (Slika 9.) sa mogućnosti reguliranja određene količine karbokalka po ha. Razbacivanje karbokalka je provedeno po kukuruzištu u jesen, nakon čega je obavljeno duboko jesensko oranje od 25 do 30 cm.



Slika 9. Raspodjela karbokalka  
(Izvor: [www.poljoprivreda.forumcroatian.com](http://www.poljoprivreda.forumcroatian.com))

## 2.4. OBRADA TLA ZA SJETVU KUKURUZA NAKON KALCIZACIJE

Kalcizacija tla na istraživanoj parceli provedena je u jesen 2017. godine. Karbokalk koji je korišten kao sredstvo za kalcizaciju raširen je po površini sa samoistovarnom prikolicom kakva se inače koristi za razbacivanje stajskog gnoja.

Nakon provedene kalcizacije karbokalk je u tlo unešen osnovnom obradom tla koja se sastojala od oranja tla (Slika 10.) na dubinu 25-30 cm trobraznim plugom Vogel & Noot. Prilikom zaoravanja problematično je bilo pravilno unošenje žetvenih ostataka (kukuruz) u tlo zbog velike mase koja je ostala na površini tla nakon skidanja usjeva. Sav karbokalk je prilikom zaoravanja u cijelosti unesen u tlo.



Slika 10. Osnovna obrada tla

(Foto: Kopic, I.)

Obrada tla nastavljena je u proljeće kada je prije zatvaranja zimske brazde obavljena gnojidba mineralnim gnojivima proizvođača Petrokemija d.d. Kutina u količini od 600 kg/ha (NPK 15-15-15). Gnojidba je obavljena rasipačem Tornado TG-402 (Slika 11.) sa zahvatom 8 m.



Slika 11. Rasipač Tornado

(Foto: Kopic, I.)

Zatvaranje zimske brazde obavljeno je sjetvospremačem marke Pecka zahvata 4,2 m (Slika 12.) zbog stvaranja idealne strukture sjetvenog sloja za sjetvu kukuruza.



Slika 12. Sjetvospremač Pecka

(Izvor: [www.se-kra.hr](http://www.se-kra.hr))



Sjetva (Slika 13.) je obavljena 18. travnja 2018. godine s četverorednom sijačicom Gaspardo na međuredni razmak od 70 cm na dubinu od 5 cm. Početkom lipnja obavljena je jedna kultivacija prilikom koje je izvršena prihrana ureom od 100 kg/ha.



Slika 13. Sjetva kukuruza

(Izvor: [www.poljoprivreda.forumcroatian.com](http://www.poljoprivreda.forumcroatian.com))

## **2.5. OBRADA TLA ZA SJETVU PŠENICE NAKON KALCIZACIJE**

Skidanjem usjeva kukuruza u jesen 2018. godine ponovno je izvršena osnovna obrada tla oranjem na dubinu 25-30 cm. Nakon oranja obavljen je prohod tanjuračem Leskovača zahvata 2,35 m.

Nakon oranja obavljen je dodatni prohod tanjuračem (Slika 14.) te dodatne pripreme tla prije sjetve nije bilo.



Slika 14.

(Izvor: [www.poljoprivredni-forum.com](http://www.poljoprivredni-forum.com))

Prva prihrana obavljena je ureom u količini od 180 kg/ha, a druga prihrana s mineralnim gnojivom NPK 15-15-15 u količini od 500 kg/ha.

### 3. REZULTATI I RASPRAVA

Na temelju početne analize tla (Tablica 3.) i utvrđene pH vrijednosti izračunata je potrebna količina sredstva za kalcizaciju za postizanje neutralne pH reakcije tla koja je izražena u t/ha  $\text{CaCO}_3$ .

Tablica 3. Rezultati početne analize tla

Svojstvo tla	Metoda	Rezultat analize
pH( $\text{H}_2\text{O}$ )	Određivanje pH vrijednosti tla u vodi (HRN ISO 10390:2005)	5,78
pH(KCl)	Određivanje pH vrijednosti tla u KCl-u (HRN ISO 10390:2005)	4,26
Hidrolitička kiselost	Određivanje hidrolitičke kiselosti tla – titracijom	4,55 $\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$
Organska tvar tla (humus)	Određivanje sadržaja humusa u tlu sulfokromnom oksidacijom – spektrofotometrijsko određivanje	1,17 %
AL- $\text{P}_2\text{O}$	Određivanje sadržaja lakopristupačnog fosfora u tlu nakon ekstrakcije AL otopinom – spektrofotometrijsko određivanje	<5,00 mg/100 g
AL- $\text{K}_2\text{O}$	Određivanje sadržaja lakopristupačnog kalija u tlu u obliku $\text{K}_2\text{O}$ nakon ekstrakcija AL otopinom – plameno fotometrijsko određivanje	10,26 mg/100 g

Na temelju provedene početne analize tla utvrđena je preporučena količina karbokalka za kalcizaciju (Tablica 4.)



Tablica 4. Preporučene količine sredstva za kalcizaciju na temelju provedene početne analize tla

Sredstvo za kalcizaciju (ili čisti Ca)	Potrebna količina
Karbokalk	8.112 kg/ha
CaCO <sub>3</sub> (vapnenac)	6.330 kg/ha
CaO	3.549 kg/ha
Ca	2.535 kg/ha

Tokom 2017. godine provedena je kalcizacija, a dvije godine nakon kalcizacije provedena je ponovna analiza tla. Za analizu su pripremljena dva prosječna uzorka oraničnog sloja tla, a rezultati analize prikazani su u tablici 5.

Tablica 5. Rezultati ponovne analize tla provedene 2019. godine

Svojstvo	Rezultat (Uzorak 1)	Rezultat (Uzorak 2)	Prosječna vrijednost
pH(H <sub>2</sub> O)	5,47	5,80	5,63
pH(KCl)	4,80	5,11	4,95
Organska tvar tla (humus)	2,17 %	2,10 %	2,13 %
Hidrolitička kiselost	4,46 cmol(+)kg	3,11 cmol(+)kg	3,78 cmol(+)kg
AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	17,71 mg/100 g	8,71 mg/100 g	13,21 mg/100 g
AL-K <sub>2</sub> O	16,33 mg/100 g	14,33 mg/100 g	15,33 mg/100 g

Za izračun količine kalcizacijskog sredstva koje bi trebalo rezultirati potpunom neutralizacijom kiselosti korišten je postupak u 3 koraka:

I. korak:

$$t/ha \text{ CaCO}_3 \text{ za pH } 7 = 50,04 \times \text{cm kalcizacije} \times \rho_v (\text{kg/dm}^3) \times H_y (\text{cmol/kg}) / 1000$$

II. korak:

$$t/ha \text{ čistog CaCO}_3 \text{ za ciljni pH} = (\text{ciljni pH} - \text{izmjereni pH}) / (7 - \text{izmjereni pH}) \times t/ha \text{ CaCO}_3 \text{ za pH } 7$$

III. korak:

$$t/ha \text{ sredstva zadane NV}_{\text{CaO}} = t/ha \text{ čistog CaCO}_3 \times 56/\text{NV}_{\text{CaO}}$$

Izračun je izrađen na temelju prosječne vrijednosti hidrolitičke kiselosti i  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  iz oba uzorka. Izračun je pokazao količinu karbokalka na osnovu ispitane neutralizacijske vrijednosti karbokalka (43,46 %) koju je potrebno raspodijeliti na analiziranoj parceli za ciljnu pH vrijednost (Tablica 6.).

Tablica 6. Količina karbokalka potrebna za postizanje ciljne pH vrijednosti

Ciljna pH vrijednost	Količina karbokalka t/ha
pH 7,0	10,96
pH 6,7	8,57
pH 6,5	6,96

Analizom karbokalka koji je korišten za kalcizaciju utvrđene su koncentracije kalcija (332,48 g/kg) i magnezija (11,85 g/kg).

Analizom kiselosti tla na različitim dubinama (0-10, 10-20, 20-30 i 30-40 cm) utvrđena je različita pH vrijednost (Tablica 7.). Analiza je provedena u proljeće 2019. godine s ciljem utvrđivanja pH vrijednosti po dubinama 0-40 cm, gdje je provedena kemijska analiza za svakih 10 cm dubine tla. Iz ove tablice (Tablica 7.) možemo zaključiti kako se karbokalk u

većoj količini zadržao na dubini 20-30 cm i kako se karbokalk nije dovoljno izmiješao s tlom i nije došlo do potpune neutralizacije vodikovih iona u sloju 0-20 cm. Naknadne obrade tla, a svakako obrade na dubinama 20-30 cm, dopunski će izmiješati karbokalk s tlom i rezultirati s ciljnom pH vrijednosti tla. Pored provedene obrade tla koja bi homogenizirala slojeve tla do dubine 30 cm, korisno je u površinskom sloju aplicirati dodatnu količinu karbokalka koja iznosi 2,46 t/ha kako bi dobili ciljnu pH vrijednost.

Tablica 7. pH vrijednost tla na različitim dubinama

Dubina uzimanja uzorka (cm)	pH(H <sub>2</sub> O)	pH(KCl)
0-10	6,05	5,22
10-20	6,16	5,74
20-30	7,30	6,86
30-40	6,05	5,37

Za postizanje ciljne pH vrijednost 7,0 u analiziranom tlu, na temelju početnih analiza, bilo je moguće primijeniti različita sredstva za kalcizaciju. Sredstva i potrebne količine navedene su u tablici 8.

Tablica 8. Potrebna količina sredstava za postizanje ciljne pH vrijednosti 7

Sredstvo za kalcizaciju	Potrebna količina (t/ha)
Dolomitski vapnenac čisti	7,94
Gašeno vapno čisto Ca(OH) <sub>2</sub>	6,35
Magnezit	7,22
Dolomitski vapnenac	8,99
Drveni pepeo	19,06
Kreda (CaCO <sub>3</sub> )	8,21

Razlika u količini sredstva za kalcizaciju ovisna je o njegovoj neutralizacijskoj sposobnosti i kvaliteti koja je određena čitavim nizom kemijskih i fizikalnih svojstava materijala kao što su:

1. koncentracija i kemijski oblik Ca (karbonati, oksidi, hidroksidi...)
2. koncentracija i kemijski oblik Mg
3. veličina čestica (finoća)
4. tvrdoća matične stijene
5. brzina reakcija u tlu
6. sadržaj ostalih hraniva i štetnih elemenata
7. vlažnost

Nedostatne informacije o pojedinim parametrima rezultiraju netočnom informacijom o stvarnoj neutralizacijskoj vrijednosti, što rezultira većim ili manjim odstupanjem ostvarenog od očekivnog učinka. Velika odstupanja mogu rezultirati praktično zanemarivim učinkom kalcizacije, tj. nedovoljno učinkovitom investicijom u kalcizaciju bez efektivnog učinka na neutralizaciju suvišne kiselosti tla.

#### 4. ZAKLJUČAK

Na OPG-u Kopic Ivan u Babinoj Gredi provedena je analiza tla 2016. godine kako bi se utvrdila pH vrijednost i eventualna potreba za neutralizacijom suvišne kiselosti s primjenom sredstava za kalcizaciju.

Analizom je utvrđeno kako je tlo srednje kiselo prema trenutnoj kiselosti u vodenoj otopini tla, odnosno  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  vrijednost iznosila je 5,78 pa je utvrđeno kako je potrebno provesti kalcizaciju kako bi se postigla ciljna pH vrijednost 7.

Kalcizacija je provedena u jesen 2017. godine. Kao sredstvo za kalcizaciju korišten je karbokalk u količini od 8.500 kg/ha. Karbokalk je raspodjeljen po površini tla u jesen 2017. te unesen u tlo osnovnom obradom tla(oranje) i nakon toga izvršena je sjetva kukuruza. Nakon skidanja usjeva kukuruza izvršena je sjetva pšenice te provedena ponovna analiza tla.

Utvrđeno je kako aplicirana količina karbokalka nije bila dovoljno učinkovita, prvenstveno zbog slabe homogenizacije karbokalka i tla jer je pH na dubini 20-30 cm bio 7,3 dok je na 10-20 cm ostao na kiselih 6,16.

Dopunskim analizama i izračunom je utvrđeno kako je na analiziranoj parceli bilo potrebno primijeniti 10,96 t/ha karbokalka kako bi se postigla ciljna pH vrijednost 7. Osim karbokalka moguće je primijeniti i druga sredstva za kalcizaciju kao što su dolomitski vapnenac, gašeno vapno, vapnenac i druga sredstva, a količine potrebne za kalcizaciju ovise o neutralizacijskoj vrijednosti sredstva.

Rezultata analize kiselosti tla 2 godine nakon kalcizacije ukazuju da je bilo potrebno provesti kalcizaciju u dva prohoda zbog homogenizacije sredstava i tla, tj. kako ne bi došlo to neravnomjerne raspodjele i zadržavanja sredstva na određenim dubinama u oraničnom sloju tla.

## 5. POPIS LITERATURE

1. International Standard Organisation (1995.): Soil quality – Determination of carbonate content – volumetric method. ISO 10693
2. International Standard Organisation (1998.): Soil quality – Determination of organic carbon by sulfochromic oxidation. ISO 14235
3. Lončarić, Z., Rastija, D., Karalić, K., Popović, B., Ivezić, V., Lončarić, R. (2015.): Kalcizacija tala u pograničnome području, Poljoprivredni fakultet u Osijeku: 1-68.
4. Lončarić, Z., Rastija, D., Popović, B., Karalić, K., Ivezić, V., Zebec, V. (2014.): Uzorkovanje tla i biljke za agrokemijske i pedološke analize, Poljoprivredni fakultet u Osijeku: 1-53.
5. Rešić, I. (2009.): Karbokalk u proizvodnji šećerne repe. Glasnik zaštite bilja 6/2009.: 146-149.
6. Šimek, R. (2009.): Utjecaj kalcizacije na kemijska svojstva tla. Diplomski rad: 7-38.
7. Bali: Nekaj o lasnostih tal. [http://bali.ff.um.si/botanicki/skalnjak/lastnosti\\_tal.html](http://bali.ff.um.si/botanicki/skalnjak/lastnosti_tal.html) 25.08.2019.
8. Karažija, T.: Analizom tla do većih prinosa, Gospodarski list. <https://gospodarski.hr/rubrike/ratarstvo-krmno-bilje/prilog-broja-analizom-tla-do-vecih-prinosa/> 25.08.2019.
9. Petrokemija: Uputa o uzimanju uzorka tla za agrokemijsku analizu. [https://petrokemija.hr/Portals/0/Letak\\_Uputa%20o%20uzimanju%20uzorka%20tla\\_kor2.pdf](https://petrokemija.hr/Portals/0/Letak_Uputa%20o%20uzimanju%20uzorka%20tla_kor2.pdf) 25.08.2019.
10. Poljoprivredni forum: Kalcizacija. <http://poljoprivreda.forumcroatian.com/t1382p325-kalcizacija> 25.08.2019.
11. Poljoprivredni forum: Sjetva/žetva kukuruza 2012. <http://poljoprivreda.forumcroatian.com/t3571p200-sjetva-etva-kukuruza-2012> 25.08.2019.
12. Poljoprivredni forum: Tanjuranje. <https://poljoprivredni-forum.com/threads/tanjuranje.16221/page-42> 25.08.2019.
13. Savjetodavni portal: Iza žetve – analiza tla. <https://www.savjetodavna.hr/2007/07/10/iza-zetve-analiza-tla/?print=print> 25.08.2019.
14. Sekra: Sjetvospremač 4R 4,2 m. <http://www.se-kra.hr/tekst/sjetvospremac-4r-4-2m-177/> 25.08.2019.
15. Vukadinović, V. (2007):[http://ishranabilja.com.hr/literatura/ishrana\\_bilja/N.pdf](http://ishranabilja.com.hr/literatura/ishrana_bilja/N.pdf)

16. Lončarić, Z., Karalić, K. (2015.) : Mineralna gnojiva i gnojidba ratarskih usjeva, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek, 105.